Weitere Untersuchungen

über die

Giftigkeit der Blausäure.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Heinrich Ahlmann

approb. Arzt

aus Bismarck, Westfalen.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Würzburg

Paul Scheiner's Buchdruckerei, Dominikanerstrasse 6

1905.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Kgl. Universität Würzburg.

Referent: Herr Professor Dr. K. B. Lehmann.

Seinen

LIEBEN ELTERN

in

Dankbarkeit

gewidmet.

I. Einleitung.

Vor zwei Jahren hat im hygienischen Institut zu Würzburg Herr Wagschal unter dem Titel „Quantitative Studien über die Giftigkeit der Blausäure-Dämpfe" eine Dissertation angefertigt, welche zum ersten Mal quantitative Angaben über die Giftigkeit sehr verdünnter Blausäuremischungen nach exakten Methoden brachte.

Herr Wagschal hatte auf Rat von Herrn Professor Lehmann so gearbeitet, dass er Tiere in einem Luftstrom hielt, dem er kleine Mengen Blausäuredampf ständig beimischte. Die Menge der beigemischten Blausäure erfuhr er dadurch, dass er die Titerabnahme der Blausäurelösung bestimmte, durch die er mittels eines Pressluftstroms dem ventilierten Glaskasten Blausäure zuführte. Kannte er diese Titerabnahme und die gesamte Ventilationsgrösse des Apparates, so konnte er den Blausäuregehalt der Kastenluft berechnen.

Herr Professor Lehmann hat inzwischen eine Reihe von Beobachtungen gemacht, welche die Berechtigung einer derartigen Gehaltsbestimmung etwas in Zweifel zu ziehen zwingt. Es ist bei einer Reihe von Gasen durch ihn und seine Schüler festgestellt, dass sie schon durch die Glaswände des Kastens, dann aber in hohem Masse durch Lunge und Haare der Versuchstiere absorbiert werden, sodass der wirklich im Kasten vorhandene Gehalt nur einen gewissen Teil des theoretisch zu erwartenden beträgt.

Herr Professor Lehmann stellte mir nun die Aufgabe, mich zunächst von der Bestimmbarkeit kleiner Mengen gasförmiger Blausäure zu überzeugen und nachdem ich dieselbe festgestellt, die Versuche von Wagschal in der Weise zu wiederholen, dass ich nach zwei Methoden den Blausäuregehalt der Luft im Kasten bestimmte; einmal indirekt genau nach der Methode von Wagschal und zweitens direkt dadurch, dass ich mit Aspiratoren kleine Luftmengen aus dem Kasten absorbierte und in ihnen den faktischen Blausäuregehalt feststellte. Es war zu untersuchen, wie weit die Resultate der beiden Methoden übereinstimmten.

II. Methodik der Blausäurebestimmung in Flüssigkeiten.

Die Blausäure wurde erhalten durch Destillation einer Mischung von verdünnter Schwefelsäure mit 50—60 g reinstem Cyankalium, das Destillat wurde in 100 ccm Wasser aufgefangen, bis wir ½ Liter Blausäurelösung erhalten hatten. Diese starke Lösung wurde in der Regel 10fach verdünnt verwendet; die 10fach verdünnte Lösung ist in folgendem als Stammlösung bezeichnet.

Wagschal hat auf zwei Weisen den Blausäuregehalt von Cyankaliumlösung unter Leitung von Professor Lehmann[1]) bestimmt. Einmal durch Titrieren

[1]) Ich teile hier im Auftrag von Herrn Professor Lehmann mit, dass ich auf Pagina 7, 8 und 9 von Wagschal in der Darstellung der von ihm angewandten Methode eine Reihe von Schreib- und Rechenfehlern gefunden, welche aber glücklicherweise auf das Resultat der Arbeit ohne jede Bedeutung sind. Herr Professor Lehmann wird in seiner bevorstehenden ausführlichen Publikation über Blausäure diese Versehen richtig stellen.

der mit Kreide neutralisirten Blausäurelösung mit Silbernitrat unter Zusatz eines Tropfens Kaliumchromat als Indikator bis zur schwach bräunlichen Farbe. Zweitens ebenfalls durch Neutralisierung mit Kreide durch Zusatz von $^1/_{10}$ Normaljodlösung und etwas Stärke bis zur Blaufärbung.

Nach beiden Methoden hatte Wagschal gute Resultate erhalten. Ich selbst habe mit der Silbermethode wenige Versuche gemacht und mich dann, während Wagschal seine ganze Arbeit mit Silber ausgeführt hat, ganz der Jodmethode gewidmet, ohne deswegen zu behaupten, dass dieselbe einen besonderen Vorzug hat. Veranlassung, mich der Jodmethode zuzuwenden, waren einige unbefriedigende Resultate, die ich beim Titrieren sehr verdünnter Blausäurelösung mit sehr verdünnter Silberlösung erhielt. Professor Lehmann sagt mir, dass auch er die Moor'sche Chlortitrierung in sehr verdünnten Lösungen wenig scharf gefunden habe.

Über meine Titrierungen von Blausäurelösungen mit Jodlösung brauche ich nichts weiter zu berichten. Ich kann nur bestätigen, dass ich mit einer Lösung, die im ccm 3,78 mg Blausäure enthielt, sehr schöne, scharfe und unter sich gut übereinstimmende Titrierungen mit $^1/_{10}$ Normaljodlösung erhielt, dass ich eine 10fach verdünnte mit $^1/_{100}$ Jodlösung, eine 100fach verdünnte mit $^1/_{1000}$ Jodlösung titrierte und immer sehr befriedigende Übereinstimmung zwischen den einzelnen Analysen fand. Ich halte nach diesen Erfahrungen eine Bestimmung kleiner Blausäuremengen in Flüssigkeiten, wenn man nur eine dem Blausäuregehalt entsprechend genügend verdünnte Jodlösung nimmt, für eine sehr leichte und exakt auszuführende Arbeit.

III. Quantitative Bestimmung der Blausäure in der Luft.

Um zu sehen, ob ich nach der jodometrischen Methode auch im stande sei, bekannte Blausäuremengen in der Luft zu finden, leitete ich auf Rat von Herrn Prof. Lehmann durch eine Blausäurelösung einen Luftstrom und liess diesen Luftstrom zwei hintereinander eingeschaltete Vorlagen mit 25 resp. 50 ccm. Natronlauge passieren, säuerte die Natronlauge mit Schwefelsäure unter Verwendung von einem Tropfen Luteol als Indikator schwach an und nahm die überschüssige Säure durch Schütteln mit einer ziemlich grossen Menge von Kreide weg. Diese neutrale Flüssigkeit titrierte ich wieder jodometrisch.

Ich habe nach dieser Methode folgende 4 Versuche angestellt:

Versuch I.

Vorgelegt 20 ccm Blausäure auf 100 verdünnt. Dieselben enthielten vor dem Versuch Blausäure entsprechend $4 \times 14{,}0$ ccm $= 56$ ccm $^1/_{10}$ Jodlösung. Nach dem Versuch $4 \times 4{,}9$ „ $= 19{,}6$ „ $^1/_{10}$ Jodlösung. Also war aus der Vorlage verschwunden Blausäure entsprechend 36,4 ccm $^1/_{10}$ Jodlösung.

In der Nachlage I gefunden Blausäure entsprechend 34,2 ccm $^1/_{10}$ Jodlösung.

In der Nachlage II Blausäure 0,5 ccm $^1/_{10}$ Jodlösung; zusammen Blausäure entsprechend 34,7.

Ich habe also wiedergefunden:

Blausäure $36{,}4 : 34{,}7 = 100 : X. \quad X = 93\,\%$.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass das Resultat noch durch kleine Titrierfehler beeinflusst ist.

Versuch II.

Die Vorlage enthielt vor dem Versuch:

Blausäure 37,8 $^1/_{10}$ Jod,

nach dem Versuch Blausäure 19,1 $^1/_{10}$ Jod, also wurde abgegeben im Versuch Blausäure 8,7 $^1/_{10}$ Jod.

Die Nachlage I enthielt 8,45 $^1/_{10}$ Jod.

„ „ II „ Blausäure 0,05 $^1/_{10}$ Jod, also beide Nachlagen zusammen 8,5.

Diesmal waren nur Blausäure entsprechend 0,2 ccm $^1/_{10}$ Jod verloren gegangen, was in die Versuchsfehler fällt.

Versuch III.

Hier wurde die durchgesaugte Luftmenge auf 19 Liter bestimmt. Die Vorlage enthielt vor dem Versuch Blausäure 8,25 ccm $^1/_{10}$ Jod, nach dem Versuch 7,45 $^1/_{10}$ Jod, also abgegeben 0,8.

Die Nachlage enthielt Blausäure 0,7 $^1/_{10}$ Normaljod, Nachlage II Blausäure 0,05 $^1/_{10}$ Jod, zusammen Blausäure 0,75 $^1/_{10}$ Jod. Die Differenz der Abnahme der Vorlage und der Zunahme der Nachlage beträgt hier 0,05, fällt also in die Fehlergrenze.

Versuch IV.

Hier nahm die Vorlage von 2,8 auf 2,4 ab. Die Nachlage zeigte genau den fehlenden 0,4 $^1/_{10}$ Normaljodverbrauch. Die Methode ist also bei sorgfältigem Arbeiten hinreichend genau und ich konnte der Lösung der von Herrn Professor Lehmann gestellten Aufgabe mit grossem Vertrauen entgegengehen.

IV. Versuche mit dem Respirationsapparate und doppelte Bestimmung der Blausäure durch Abnahme des Blausäuregehaltes der Vorlage und direkte Blausäurebestimmung in besonderen Luftproben.

Die 20 ersten Versuche, die ich mit dem Respirationsapparate angestellt habe, ergaben wegen mangelnder Übung im chemischen Arbeiten klägliche Resultate. Teils missglückten mir meine Titrierungen durch ungenügende Neutralisierung der zuvor angesäuerten Natronlaugenachlage, teils war durch unzweckmässige Versuchsanordnung der Menge der von mir zu bestimmenden Blausäure in den Proben so klein, dass die kleinsten Titrierfehler das Resultat in Frage stellen.

Ich sah mich deswegen leider genötigt, nach längerer vergeblicher Arbeit nochmals ganz von vorne zu beginnen, freue mich aber, nach Überwindung aller Schwierigkeiten jetzt einwandfreie Resultate vorlegen zu können. Nachdem ich einmal die Methode vollkommen beherrschte, war es mir ein leichtes, exakte Resultate ohne jeden Fehlversuch hintereinander zu erhalten.

Zu meinen Versuchen benutzte ich einen stark ventilierten Glaskasten, in dem die Tiere sich aufhielten. Die Ventilation betrug hei den ersten 12 Versuchen ca. 500 Liter pro Stunde, bei den späteren 8 Versuchen ca. 1200 Liter pro Stunde. Der durchtretende Luftstrom wurde dadurch mit Blausäure versetzt, dass ein Strom Pressluft durch eine mit verdünnter Blausäurelösung gefüllte Flasche gedrückt wurde. Bei Vermehrung der Ventilation, Verminderung der Pressluftmenge oder Verminderung der Blau-

säure-Konzentration im Blausäurekolben nahm der Blausäuregehalt im Kasten ab, während durch Verminderung der Ventilation, Vermehrung der Pressluftmenge oder Vermehrung der Blausäure-Konzentration der Blausäuregehalt gesteigert wurde.

Zur Bestimmung der Blausäure-Konzentration wurden Proben der Kastenluft durch Natronlauge gesaugt und analysiert. Wenn ich kleinere Mengen 100—200 ccm Blausäure vorlegte, so fand ich, wie zu erwarten, dass in der ersten Stunde erheblich mehr wegging als in der zweiten, während bei Vorlagen von 400—900 ccm Blausäure der Gehalt der Kastenluft an Blausäure konstant blieb. Ich benutzte deshalb bei meinen Versuchen immer grössere Mengen Blausäurelösung als Vorlagen.

Versuch I. (Ohne Tier.)

EinzigerVersuch. Ventilation des Kastens 432Liter pro 53 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 180 ccm Blausäure. Zeigerhahn 12. Temperatur 17 ^{0} Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege durch Abnahme des Gehaltes an Blausäure im Vorratskolben.

5 ccm der vorgelegten Blausäure binden
vor dem Versuch 11,0 u. 11,3 $^1/_{10}$ Jod um 4 h.
nach dem Versuch 5,5 „ 5,8 „ „ „ 4 h. 53 m.
Differenz der Mittel: 5,5.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{5{,}5 \cdot \frac{180}{5} \cdot 1{,}35}{432} = 0{,}62$ mg. Blausäure pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege durch Titrierung von 2 durch Natronlauge gesaugte Luftproben.

Natronlaugevorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 24,5 ccm $^{1}/_{100}$ Normaljod, enthält also $24{,}5 \cdot 0{,}135 = 3{,}3$, also pro Liter 0,49 mg.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 28,9 ccm $^{1}/_{100}$ Normaljod, enthält also $28{,}9 \cdot 0{,}135 = 3{,}9$, also pro Liter 0,55 mg.

Es ist also gefunden direkt 0,49 und 0,55, indirekt 0,62.

Versuch II. (Ohne Tier.)

1. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 442 Liter pro 50 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 500 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 15 ° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 5 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 15,3 u. 15,4 $^{1}/_{10}$ Jod um 9 h. 35 m.
nach dem Versuch 12,2 „ 12,3 „ „ „ 10 „ 25 „

Differenz der Mittel: 3,1.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{3{,}1 \cdot \frac{500}{5} \cdot 1{,}35}{442} = 0{,}9$ mg Blausäure pro Liter.

B. Berechnung auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 44,5 $^{1}/_{100}$ Normaljod, enthält also $44{,}5 \cdot 0{,}135 = 6{,}0$, also pro Liter 0,85.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt werden, braucht 31,0 ccm $^{1}/_{100}$ Normaljod, enthält also $31{,}0 \cdot 0{,}135 = 4{,}1$ also pro Liter 0,7.

Es ist also gefunden für die erste Periode direkt 0,85 und 0,7, indirekt 0,9.

2. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 541 Liter pro 63 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 490 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 15 ° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 5 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 12,2 u. 12,3 $^{1}/_{10}$ Jod um 10 h. 40 m.
nach dem Versuch 9,6 „ 9,5 „ „ „ 11 „ 43 „
Differenz der Mittel: 2,7.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{2{,}7 \cdot \frac{490}{5} \cdot 1{,}35}{541} = 0{,}66$ mg. Blausäure pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 35 ccm $^{1}/_{100}$ Normaljod, enthält also $35 \cdot 0{,}135 = 4{,}7$, also pro Liter 0,6.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 35 ccm $^{1}/_{100}$ Normaljod, enthält also $35{,}0 \cdot 0{,}135 = 4{,}7$, also pro Liter 0,6.

Es ist also gefunden für die zweite Periode direkt 0,6, indirekt 0,66.

Versuch III. (Ohne Tier.)

1. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 438 Liter pro 50 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 460 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 13 ^{0} Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 19,0 $^{1}/_{10}$ Jod um 3 h. 15 m.
nach dem Versuch 17,0 „ „ „ 4 „ 05 „
Differenz: 2.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{2 \cdot \frac{460}{10} \cdot 1{,}35}{438} = 0{,}28$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege, Natronlauge I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 12,4 ccm $^{1}/_{100}$ Normaljod, enthält also $12{,}4 \cdot 0{,}135 = 0{,}167$, also pro Liter 0,23.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 14,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $14{,}0 \cdot 0{,}135 = 1{,}89$, also pro Liter 0,27.

Es ist also gefunden für die 1. Periode direkt 0,23 und 0,27, indirekt 0,28.

2. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 388 Liter pro 35 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 440 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 13° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege.

10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch	17,0 $^1/_{10}$ Jod	um	4 h 35 m.
nach dem Versuch	15,0 „	„	„ 5 h 10 m.
Differenz:	2.		

Es wäre zu erwarten, dass jedes Liter Kastenluft enthielte $\frac{2 \cdot \frac{440}{10} \cdot 1{,}35}{388} = 0{,}3$ mg Blausäure pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 16,5 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $16{,}5 \cdot 0{,}135 = 2{,}22$, also pro Liter 0,3.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 14,3 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $14{,}3 \cdot 0{,}135 = 1{,}93$, also pro Liter 0,27.

Es ist also gefunden für die 2. Periode direkt 0,3 und 0,27, indirekt 0,3.

Versuch IV. (Ohne Tier.)

1. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 634 Liter pro $1^1/_4$ Stunde. Eingeschaltet in die Druckluft 420 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 14° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege.
10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 15,0 $^1/_{10}$ Jod um 9 h 30 m.
nach dem Versuch 12,2 „ „ „ 10 h 55 m.
Differenz: 2,8.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{2,8 \cdot \frac{420}{10} \cdot 1,35}{634} = 0,25$ mg Blausäure pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 14,7 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $14,7 \cdot 0,135 = 1,98$, also pro Liter 0,2.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 14,1 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $14,1 \cdot 0,135 = 1,90$, also pro Liter 0,2.

Es ist also gefunden für die 1. Periode direkt 0,2, indirekt 0,25.

2. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 470 Liter pro 46 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 400 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 16 ° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege.
10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 12,2 $^1/_{10}$ Jod um 11 h 10 m.
nach dem Versuch 11,0 „ „ „ 11 h 56 m.
Differenz: 1,2.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{1,2 \cdot \frac{400}{10} \cdot 1,35}{470} = 0,13$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehalts auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 8 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 8,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $8,0 \cdot 0,135 = 1,08$, also pro Liter 0,13.

Natronlaugevorlage II, durch welche 4 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 4,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $4{,}0 \cdot 0{,}135 = 0{,}54$, also pro Liter 0,13.

Es ist also gefunden für die 2. Periode direkt 0,13, indirekt 0,13.

Versuch V. (Ohne Tier.)

1. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 360 Liter pro 55 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 380 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 10 ^{0} Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 11,0 $^1/_{10}$ Jod um 3 h.
nach dem Versuch 9,7 „ „ „ 3 h 55 m.
Differenz: 1,3.

Es wäre zu erwarten, das jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{1{,}3 \cdot \frac{380}{10} \cdot 1{,}35}{360} = 0{,}18$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 6,1 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $6{,}1 \cdot 0{,}135 = 8{,}2$, also pro Liter 0,12.

Natronlaugevorlage II ebenfalls.

Es ist also gefunden für die 1. Periode direkt 0,12, indirekt 0,18.

2. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 433 Liter pro 55 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 360 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 9 ^{0} Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 9,7 $^1/_{10}$ Jod um 4 h 10 m.
nach dem Versuch 7,7 „ „ „ 5 h 5 m.
Differenz: 2,0.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{2{,}0 \cdot \frac{360}{10} \cdot 1{,}35}{433} = 0{,}22$ mg. pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 13 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $13{,}0 \cdot 0{,}135 = 1{,}7$, also pro Liter 0,2.

Natronlaugevorlage II, durch welche 6 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 11,0 $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $11{,}0 \cdot 0{,}135 = 1{,}4$, also pro Liter 0,2.

Es ist also gefunden für die 2. Periode direkt 0,2, indirekt 0,22.

Versuch VI. (Ohne Tier.)

1. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 534 Liter pro 68 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 320 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 16 ^{0} Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 7,6 u. 7,7 $^1/_{10}$ Jod um 9 h 50 m.
nach dem Versuch 5,3 „ 5,5 „ „ „ 10 h 58 m.
Differenz der Mittel: 2,25.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{2{,}25 \cdot \frac{320}{10} \cdot 1{,}35}{534} = 0{,}17$ mg. pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronvorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 9,3 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $9{,}3 \cdot 0{,}135 = 1{,}25$; also pro Liter 0,17.

Natronlaugevorlage II ebenfalls.

Es ist also gefunden für die 1. Periode direkt 0,17, indirekt 0,17.

2. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 324 Liter pro 44 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 300 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 15 ⁰ Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 5,3 u. 5,5 $^1/_{10}$ Jod um 11 h 14 m.
nach dem Versuch 4,3 „ 4,4 „ „ „ 11 h 58 m.
Differenz: 1,0.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{1{,}0 \cdot \frac{300}{10} \cdot 1{,}35}{324} = 0{,}12$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 7,1 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $7{,}1 \cdot 0{,}135 = 0{,}9$, also pro Liter 0,1.

Natronlaugevorlage II, durch welche 4 Liter Luft gesaugt, braucht 4,0 $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $4{,}0 \cdot 0{,}135 \cdot 0{,}5$, also pro Liter 0,1.

Es ist also gefunden für die 2. Periode direkt 0,1, indirekt 0,12.

Versuch VII. (Ohne Tier.)

1. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 260 Liter pro 35 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 660 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 15 ⁰ Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 5,0 $^1/_{10}$ Jod um 10 h 30 m.
nach dem Versuch 4,7 „ „ „ 11 h 05 m.
Differenz: 0,3.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0{,}3 \cdot \frac{660}{10} \cdot 1{,}35}{260} = 0{,}1$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 3,9 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $3{,}9 \cdot 0{,}135 = 0{,}52$, also pro Liter 0,07.

Natronlaugevorlage II, durch welche $4^1/_2$ Liter Luft gesaugt wurde, braucht 1,9 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $1{,}9 \cdot 0{,}135 = 0{,}25$, also pro Liter 0,06.

Es ist also gefunden für die 1. Periode direkt 0,07 und 0,06, indirekt 0,1.

2. Versuchsperiode. Ventilation des Kastens 167 Liter pro 24 Minuten. Eingeschaltet in die Druckluft 640 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 17° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 4,7 $^1/_{10}$ Jod um 11 h 19 m.
nach dem Versuch 4,3 „ „ „ 11 h 43 m.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0{,}4 \cdot \frac{640}{10} \cdot 1{,}35}{167} = 0{,}2$ mg. pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche $4^1/_2$ Liter Luft gesaugt wurde, braucht 3,8 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $3{,}8 \cdot 0{,}135 = 0{,}51$, also pro Liter 0,11.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 6,3 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $6{,}3 \cdot 0{,}135 = 0{,}85$, also pro Liter 0,12.

Es ist also gefunden für die 2. Periode direkt 0,11 und 0,12, indirekt 0,2.

Die Resultate dieser Versuche stelle ich in der folgenden Tabelle zusammen, welche zeigt, dass die Differenzen zwischen dem theoretischen und gefundenen Gehalt so klein sind, dass sie vernachlässigt werden können, sie bleiben unter 10 %. In einigen

Versuchen sind die Differenzen etwas grösser, ohne dass ich eine Regel dafür anzugeben wüsste, namentlich Versuch VII.

Übersichtstabelle. (Ohne Tiere.)

No.	Versuchsnummer.	Gehalt berechnet.	Gehalt gefunden.	
1.	VII 1. Periode	0,1	0,07	0,06
	2. „	0,2	0,11	0,12
2.	VI 1. „	0,17	0,17	0,17
	2. „	0,12	0,13	0,12
3.	V 1. „	0,18	0,12	0,12
	2. „	0,22	0,2	0,2
4.	IV 1. „	0,25	0,2	0,2
	2. „	0,13	0,13	0,13
5.	III 1. „	0,28	0,23	0,27
	2. „	0,3	0,3	0,27
6.	I	0,62	0,49	0,55
7.	II 1. „	0,9	0,85	0,7
	2. „	0,66	0,6	0,6

Es war nun von grossem Interesse zu sehen, ob, wenn Tiere anwesend wären, der Blausäuregehalt derselbe bliebe, oder so grosse Blausäuremengen zum Verschwinden gebracht würden, dass die indirekt ermittelte Zahl nicht mehr als Masstab für die Absorption gelten kann. Zur Prüfung dieser Frage habe ich 13 weitere Versuche ausgeführt. Hierzu verwendete ich Kaninchen, weil ich dieselben sehr widerstandsfähig fand, da es zur Zeit meiner Versuche Schwierigkeiten gemacht hätte, Katzen, die sehr empfindlich sind, zu beschaffen. Ich hätte mit Katzen grosse Dosen nicht prüfen können, und es war doch die Prüfung grösserer Konzentrationen in erster Linie erwünscht. Mit Katzen hätte ich nur sehr kleine Dosen prüfen können.

Versuch VIII. (Mit Tier.)

1. Versuchsperiode. Dauer 38 Minuten. Ventilation des Kastens 274 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 620 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 16 ⁰ Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege.

10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 4,3 $^1/_{10}$ Jod um 3 h 37 m.
nach dem Versuch 3,8 „ „ „ 4 h 15 m.
Differenz: 0,5.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0,5 \cdot \frac{620}{10} \cdot 1,35}{274} = 0,15$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 6 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 6,2 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $6,2 \cdot 0,135 = 0,83$, also pro Liter 0,13.

Natronlaugevorlage II ebenfalls.

Es ist also gefunden für die 1. Periode direkt 0,13, indirekt 0,15.

Um 4 h wird das Kaninchen unruhig, Zuckungen, schlägt den Kopf zurück, legt sich auf den Bauch, Respiration, die anfangs beschleunigt war, ist jetzt verlangsamt. Um 4 h 10 m legt das Kaninchen den Kopf auf die rechte Seite. Um 4 h 15 m wird das Kaninchen unruhig, Zuckungen, legt sich auf die rechte Seite.

2. Versuchsperiode. Dauer 37 Minuten. Ventilation des Kastens 385 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 600 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 16 ⁰ Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 3,8 $^1/_{10}$ Jod um 4 h 38 m.
nach dem Versuch 3,3 „ „ „ 5 h 15 m.
Differenz: 0,5.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0,5 \cdot \frac{600}{10} \cdot 1,35}{385} = 0,1$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 5 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 5,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $5,0 \cdot 0,135 = 0,67$, also pro Liter 0,13.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 7,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $7,0 \cdot 0,135 = 0,94$, also pro Liter 0,13.

Es ist also gefunden für die 2. Versuchsperiode direkt 0,13, indirekt 0,1.

Um 4 h 23 m erholt sich und richtet sich das Kaninchen auf, Zuckungen, legt sich auf die rechte Seite. 4 h 32 m Zuckungen, Kaninchen fällt auf die rechte Seite. Respiration wird immer langsamer. Tod.

Sektion. Lungen durchweg von vermehrtem Blutgehalt, collabieren unvollkommen, an der Oberfläche sind lobuläre, schwärzliche Bezirke unregelmässig über die Lunge zerstreut. Es scheint möglich, dass daselbst Blutaustritte stattgefunden haben. Von einem Querschnitt der Lunge fliesst bei Druck reichlich schaumige Flüssigkeit. Es besteht neben der Hyperaemie ein hochgradiges Lungenoedem, was jedenfalls beim Tode des Tieres mitgewirkt hat. Beim Anlegen von Schnitten durch die dunklen Partien erhält man Bilder, die es wahrscheinlich erscheinen lassen, dass Blutungen stattgefunden haben. Trachea hochgradig

hyperämisch, Körperblut grossenteils flüssig. An den übrigen Organen ist nichts Auffallendes zu sehen. Därme aufgetrieben.

Versuch IX. (Mit Tier.)

Dauer 44 Minuten. Ventilation des Kastens 299 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 520 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 16 ° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 31,8 $^1/_{100}$ Jod um 1 h 59 m.
nach dem Versuch 28,3 „ „ „ 2 h 43 m.
Differenz: 3,5.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0{,}35 \cdot \frac{520}{10} \cdot 1{,}35}{299} = 0{,}08$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 4,25 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 2,8 $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $2{,}8 \cdot 0{,}135 = 0{,}378$, also pro Liter 0,08.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 3,6 $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $3{,}6 \cdot 0{,}135 = 0{,}48$, also pro Liter 0,07.

Es ist also gefunden direkt 0,08 und 0,07, indirekt 0,08.

Versuch X. (Mit Tier.)

1. Versuchsperiode. Dauer 2 Stunden. Ventilation des Kastens 883 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 500 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 16 ° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege.
10 ccm der vorgelegten Blausäure binden
vor dem Versuch 28,3 $^1/_{100}$ Jod um 3 h 35 m.
nach dem Versuch 18,5 „ „ „ 5 h 58 m.
Differenz: 9,8.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0,98 \cdot \frac{500}{10} \cdot 1,35}{883} = 0,07$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 6,5 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 4,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $4,0 \cdot 0,135 = 0,54$, also pro Liter 0,08.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 4,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $4,0 \cdot 0,135 = 0,54$, also pro Liter 0,07.

Es ist also gefunden für die 1. Periode direkt 0,08 und 0,07, indirekt 0,07.

2. Versuchsperiode. Dauer 55 Minuten. Ventilation des Kastens 245 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 480 ccm. Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 15 ^{0} Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege.
10 ccm der vorgelegten Blausäure binden
vor dem Versuch 18,5 $^1/_{100}$ Jod um 6 h 13 m.
nach dem Versuch 15,4 „ „ „ 7 h 08 m.
Differenz: 3,1.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0,31 \cdot \frac{480}{10} \cdot 1,35}{245} = 0,08$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 6 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 3,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $3,0 \cdot 0,135 = 0,405$, also pro Liter 0,07.

Natronlaugevorlage II, durch welche 5,5 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 3,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $3{,}0 \cdot 0{,}135 = 0{,}405$, also pro Liter 0,07.

Es ist also gefunden für die 2. Periode direkt 0,07, indirekt 0,08.

Das Kaninchen zeigt während des ganzen Versuches keine Veränderungen.

Versuch XI. (Mit Tier.)

Dauer 63 Minuten. Ventilation des Kastens 422 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 950 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 15° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 32,5 u. 32,7 $^1/_{100}$ Jod um 12 h 51 m.
nach dem Versuch 29,8 „ 30 „ „ „ 1 h 54 m.
Differenz: 2,7.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0{,}27 \cdot \frac{950}{10} \cdot 1{,}35}{422} = 0{,}08$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 8 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 4,3 ccm Normaljod, enthält also $4{,}3 \cdot 0{,}135 = 0{,}58$, also pro Liter 0,07.

Natronlaugevorlage II, durch welche 5,8 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 2,8 $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $2{,}8 \cdot 0{,}135 = 0{,}37$, also pro Liter 0,065.

Es ist also gefunden direkt 0,07 und 0,065, indirekt 0,08.

Das Kaninchen zeigt keine Veränderungen.

Versuch XII. (Mit Tier.)

Dauer 45 Minuten. Ventilation des Kastens 370 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 660 ccm

Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 15 ° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 37,0 u. 37,1 $^{1}/_{100}$ Jod um 3 h 13 m.
nach dem Versuch 30,3 „ 30,6 „ „ „ 3 h 58 m.

Differenz der Mittel: 6,6.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0,66 \cdot \frac{660}{10} \cdot 1,35}{370} = 0,15$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 5,2 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 5,4 $^{1}/_{100}$ Normaljod, enthält also $5,4 \cdot 0,135 = 0,729$, also pro Liter 0,14.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 7,2 $^{1}/_{100}$ Normaljod, enthält also $7,2 \cdot 0,135 = 0,972$, also pro Liter 0,14.

Es ist also gefunden direkt 0,14, indirekt 0,15.

Um 3 h 35 m legt sich das Kaninchen auf die rechte Seite. Kopf zurückgeschlagen. Respiration verlangsamt. Um 3 h 50 m Zuckungen. Um 4 h Zuckungen.

Versuch XIII. (Mit Tier.)

Dauer 1 Stunde. Ventilation des Kastens 1300 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 640 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 13,5 ° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 30,3 u. 30,6 $^{1}/_{100}$ Jod um 4 h 32 m.
nach dem Versuch 26,6 „ 26,8 „ „ „ 5 h 34 m.

Differenz der Mittel: 3,7.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0,37 \cdot \frac{610}{10} \cdot 1,35}{1300} = 0,025$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 8 Liter Luft gesaugt wurde. braucht 2,2 $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $2{,}2 \cdot 0{,}135 = 0{,}29$, also pro Liter 0,03.

Natronlaugevorlage II, durch welche 6,9 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 2,0 $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $2{,}0 \cdot 0{,}135 = 0{,}27$, also pro Liter 0,03.

Es ist also gefunden direkt 0,03, indirekt 0,025.

Das Kaninchen des Versuches XII erholt sich wieder.

Versuch XIV. (Mit Tier.)

Dauer 52 Minuten. Ventilation des Kastens 1120 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 490 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 14 ^{0} Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuche 48,5 u. 48,3 $^1/_{100}$ Jod um 10 h 49 m.
nach dem Versuch 41,5 „ 41,6 „ „ „ 11 h 41 m.
Differenz der Mittel: 6,8.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0{,}68 \cdot \frac{490}{10} \cdot 1{,}35}{1120} = 0{,}04$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 8 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 2,6 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $2{,}6 \,.\, 0{,}135 = 0{,}35$, also pro Liter 0,04.

Natronlaugevorlage II, durch welche 5 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 1,7 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $1{,}7 \cdot 0{,}135 = 0{,}22$, also pro Liter 0,04.

Es ist also gefunden direkt 0,04, indirekt 0,04.

Kaninchen zeigt während des ganzen Versuches keine Veränderungen.

Versuch XV. (Mit Tier.)

Dauer 49 Minuten. Ventilation des Kastens 1020. Eingeschaltet in die Druckluft 485 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 14 ° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 38,2 u. 38,4 $^1/_{100}$ Jod um 1 h 18 m.
nach dem Versuch 31,2 „ 31,3 „ „ „ 2 h 07 m.
Differenz: 7.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0{,}7 \cdot \frac{485}{5} \cdot 1{,}35}{1020} = 0{,}09$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 8 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 5,8 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $5{,}8 \cdot 0{,}135 = 0{,}78$, also pro Liter 0,09.

Natronlaugevorlage II, durch welche 4,8 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 3,1 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $3{,}1 \cdot 0{,}135 = 0{,}418$, also pro Liter 0,087.

Es ist also gefunden direkt 0,09 und 0,087, indirekt 0,09.

Kaninchen zeigt während des Versuches keine Veränderung.

Versuch XVI. (Mit Tier.)

Dauer 32 Minuten. Ventilation des Kastens 687 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 500 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 14 ° Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 10 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 50,2 u. 50,2 $^1/_{100}$ Jod um 2 h 34 m.
nach dem Versuch 42,5 „ 42,7 „ „ „ 3 h 06 m.
Differenz der Mittel: 7,6.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0{,}76 \cdot \frac{500}{5} \cdot 1{,}35}{687} = 0{,}14$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 4,3 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 4,1 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $4{,}1 \cdot 0{,}135 = 0{,}55$, also pro Liter 0,12.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurde, braucht 6,4 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $6{,}4 \cdot 0{,}135 = 0{,}86$, also pro Liter 0,12.

Es ist also gefunden direkt 0,12, indirekt 0,14.

Kaninchen während des ganzen Versuches unverändert.

Versuch XVII. (Mit Tier.)

Dauer 45 Minuten. Ventilation des Kastens 960 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 465 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 13 ^{0} Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 5 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 68,3 u. 68,5 $^1/_{100}$ Jod um 5 h 14 m.
nach dem Versuch 56,3 „ 56,5 „ „ „ 5 h 59 m.

Differenz: 12.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{1{,}2 \cdot \frac{465}{5} \cdot 1{,}35}{960} = 0{,}14$ mg. pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 8 Liter Luft gesaugt wurden, braucht 8,4 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $8{,}4 \cdot 0{,}135 = 1{,}13$, also pro Liter 0,14.

Natronlaugevorlage II, durch welche 6 Liter Luft gesaugt wurden, braucht 6,5 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $6{,}5 \cdot 0{,}135 = 0{,}87$, also pro Liter 0,14.

Es ist also gefunden direkt 0,14, indirekt 0,14.

Das Kaninchen, das dasselbe ist, wie bei den 3 vorigen Versuchen, zeigt keine Veränderungen.

Versuch XVIII. (Mit Tier.)

Dauer 27 Minuten. Ventilation des Kastens 555 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 440 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 15 ⁰ Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 5 ccm der vorgelegten Blausäure binden
vor dem Versuch 86,8 u. 86,6 $^1/_{100}$ Jod um 9 h 55 m.
nach dem Versuch 78,6 „ 78,4 „ „ „ 10 h 22 m.
Differenz : 8,2.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0{,}82 \cdot \frac{440}{5} \cdot 1{,}35}{555} = 0{,}17$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 6,6 Liter Luft gesaugt wurden, braucht 7,4 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $7{,}4 \cdot 0{,}135 = 0{,}99$, also pro Liter 0,15.

Natronlaugevorlage II, durch welche 7 Liter Luft gesaugt wurden, braucht 8 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $8{,}0 \cdot 0{,}135 = 1{,}08$, also pro Liter 0,15.

Es ist also gefunden direkt 0,15, indirekt 0,17.

Um 10 h 18 m Zuckungen, um 10 h 28 m Tod des Tieres.

Section. Lungen von normaler Konsistenz und Luftgehalt, starke Hyperämie der Gefässe ohne Flüssigkeitsaustritt in die Bronchien. Trachea ohne Hyperämie.

Sonst keine Veränderungen.

Versuch XIX. (Mit Tier.)

Dauer 24 Minuten. Ventilation des Kastens 405 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 430 ccm. Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 15 ⁰ Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege. 5 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuche 76,0 u. 76,1 $^1/_{100}$ Jod um 11 h 05m.
nach dem Versuch 69,5 „ 69,6 „ „ „ 11 h 29m.
Differenz: 6,5.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{0{,}65 \cdot \frac{430}{5} \cdot 1{,}35}{405} = 0{,}18$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 2,9 Liter Luft gesaugt wurden, braucht 4,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $4{,}0 \cdot 0{,}135 = 0{,}54$, also pro Liter 0,18.

Natronlaugevorlage II, durch welche 5,5 Liter Luft gesaugt wurden, braucht 7,0 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $7{,}0 \cdot 0{,}135 = 0{,}94$, also pro Liter 0,17.

Es ist also gefunden direkt 0,18 und 0,17, indirekt 0,18.

Um 11 h 20 m Zuckungen,
Um 11 h 25 m Hämoptoe.
Um 11 h 29 m Tod des Tieres.

In der Trachea und den grösseren Bronchien blutig gerötete, teils schaumige Flüssigkeit. Mässige Hyperämie der Trachealschleimhaut. Blutiges Oedem beider Lungen, scheinbar in beiden Lungen grössere Blutaustritte. Die Hämoptoe stammt offenbar aus den Lungen, denn andere Gefässzerreissungen in den oberen Luftwegen sind nicht aufzufinden.

Versuch XX. (Mit Tier.)

Dauer 1 Stunde 34 Minuten. Ventilation des Kastens 1950 Liter. Eingeschaltet in die Druckluft 385 ccm Blausäurelösung. Zeigerhahn 12. Temperatur 14 ^{0} Celsius.

A. Berechnung des Gehaltes auf indirektem Wege.
5 ccm der vorgelegten Blausäure binden

vor dem Versuch 79,9 $^1/_{100}$ Jod um 3 h 02 m.
nach dem Versuch 52,9 „ „ „ 4 h 36 m.
Differenz: 2,7.

Es wäre zu erwarten, dass jeder Liter Kastenluft enthielte $\frac{2{,}7 \cdot \frac{385}{5} \cdot 1{,}35}{1950} = 0{,}14$ mg pro Liter.

B. Berechnung des Gehaltes auf direktem Wege. Natronlaugevorlage I, durch welche 6 Liter Luft gesaugt wurden, braucht 6,5 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $6{,}5 \cdot 0{,}135 = 0{,}87$, also pro Liter 0,14.

Natronlaugevorlage II, durch welche 5 Liter Luft gesaugt wurden, braucht 5,5 ccm $^1/_{100}$ Normaljod, enthält also $5{,}5 \cdot 0{,}135 = 0{,}74$, also pro Liter 0,14.

Es ist also gefunden direkt 0,14, indirekt 0,14.

3 h 21 m Kaninchen lässt Urin, Zuckungen, fällt auf die Seite.

4 h Zuckungen.

4 h 45 m Tod des Tieres.

Trachealschleimhaut normal. Vereinzelte Blutaustritte in der linken Spitze und im linken Unterlappen. Die Lungen collabieren nicht ganz vollständig.

Mässige Hyperämie der übrigen Lungenteile, besonders auf der rechten Lunge fallen schwarze, kleine stecknadelkopfgrosse Stellen auf, die auch auf Querschnitten durch die Lunge zu sehen sind. Auf der anderen Lunge finden sich solche Herde nur ganz vereinzelt. Die übrigen Organe normal.

Meine Tierversuche, die ich in einer Tabelle nochmals zusammenstelle, berechtigen zu folgenden Schlüssen:

1. Auch bei Anwesenheit eines Tieres darf man die auf indirektem Wege gefundene Blausäuremenge

als der wirklichen sehr nahe entsprechend betrachten. Die Differenzen fallen in die Fehlergrenze der Titriermethode.

2. Damit ist dargethan, dass die Wagschal-schenVersuche vollkommen brauchbare Resultate gegeben haben.

3. Für das Kaninchen sind Dosen von 0,13 mg pro Liter gefährlich nach einer Zeit von 1 Stunde. Von 0,15 mg ab erliegt das Kaninchen schon binnen einer halben Stunde.

Wagschal hat bei seinen Versuchen mit Kaninchen folgende Resultate gefunden:

Bei 0,06 Vol. ‰ H.C.N. zeigte das Kaninchen während der ganzen 5 Stunden ausser geringer Unruhe und mässig beschleunigter Respiration keine Veränderungen.

Bei 0,144 Vol. ‰ H.C.N. in der ersten Stunde, 0,135 Vol. ‰ in der zweiten Stunde zeigte das Kaninchen anfangs etwas Unruhe, etwas beschleunigte Atmung, sonst während des ganzen Versuches (2 Stunden 3 Minuten) keine Veränderungen.

Bei 0,189 Vol. ‰ H.C.N. sogleich lebhafte Unruhe. Ängstliches Umherspringen im Kasten. Nach 4 Minuten: plötzliches Zusammenstürzen. Hellrotes Blut srömt aus Maul und Nase (Haemoptoe). Aufgetriebener Leib. Nach 5 Minuten: enorm tiefe Respiration. Krampf der Extremitäten. Nach 6 Minuten Tod des Tieres.

4. Die Symptome, unter denen das Kaninchen bei den starken Dosen zu grunde geht, sind die folgenden: Unruhe, Zuckungen, Verlangsamung der Respiration. Bei schwächeren Dosen, wo das Tier länger lebt, ist das Bild nicht wesentlich anders.

Sectionsbefund lieferte bei den vier Kaninchen nicht übereinstimmende Resultate. Zweimal waren

stärkere Lungenblutungen vorhanden, übereinstimmend damit wurde zu Lebzeiten mit Blut vermischte Oedemflüssigkeit aus der Schnauze abfliessend beobachtet. Wagschal hat bei seinen Versuchen einmal eine so starke Blutung gesehen, dass man sie wohl als Haemoptoe bezeichnen konnte.

5. Bei einem Tiere (Versuch XX) waren die Lungenerscheinungen geringer, die Blutaustritte geringer. Bei einem Kaninchen (Versuch XVIII) habe ich an der Lunge nichts gefunden.

Die Sectionen sind stets unter der Leitung von Herrn Professor Dr. Lehmann oder von Herrn Assistenzarzt Dr. Jörns ausgeführt.

Durch meine Versuche, die so schön mit denen von Wagschal übereinstimmen und dieselben ergänzen, hoffe ich die Kenntniss der Giftigkeit der gasförmigen Blausäure ein weiteres Stück gefördert zu haben.

Fragen wir uns, wodurch die Lungenblutungen zu erklären sind, so wage ich darauf keine Antwort zu geben. Sie können mit Zirkulationsstörungen (Druckveränderungen) zusammenhängen, doch lag eine nähere Verfolgung dieser Frage ausserhalb des Rahmens meiner Arbeit.

Aus dem Todesfall ohne Lungenveränderung (Versuch XVIII) geht hervor, wie es ganz unzweifelhaft, dass die Blausäure nicht nur dadurch schädigt, dass sie Lungenveränderungen hervorbringt.

Es ist ja bekannt, dass durch die Blausäure Fermentationsprozesse im Körper gestört werden, wofür der bekannte Umstand, dass das Blut hellrot bleibt, obwohl das Tier unter Erstickung zu grunde geht, ein besonders schönes Beispiel darstellt.

Uebersichtstabelle (Mit Tier).

Nummer	Versuchsnummer	Gehalt berechnet	Gehalt gefunden		Schicksal nach dem Versuch event. Sektionsbefund
1	XIII.	0,025	0,03	0,03	Unversehrt.
2	XIV.	0,04	0,04	0,04	Unversehrt.
3	X. I. Periode	0,07	0,08	0,07	Unversehrt.
	II. Periode	0,08	0,07	0,07	Unversehrt.
4	XI.	0,08	0,07	0,065	Unversehrt.
5	IX.	0,08	0,08	0,07	Unversehrt.
6	XV.	0,09	0,09	0,087	Unversehrt.
7	XVI.	0,14	0,12	0.12	Unversehrt.
8	XVII.	0,14	0,14	0,14	Unversehrt.
9	XX.	0,14	0,14	0,14	Tod nach $1^{3}/_{4}$ Stund. Trachealschleimhaut normal. Vereinzelte Blutaustritte in der linken Spitze und im linken Unterlappen. Die Lungen collabieren nicht ganz vollständig. Mässige Hyperämie der übrigen Lungenteile, besonders auf der rechten Lunge fallen schwarze stecknadelkopfgrosse Stellen auf, die auch auf Querschnitten durch die Lunge zu sehen sind. Auf der anderen Lunge finden sich solche Heerde nur ganz vereinzelt. Die übrigen Organe normal.
10	VIII. I. Periode	0 15	0,13	0,13	Tod nach 1 Stund.
	II. Periode	0,1	0,13	0,13	Lungen durchweg von vermehrtem Blutgehalt, collabieren unvollkommen, an der Oberfläche sind lobuläre schwärzliche Bezirke unregelmässig über die Lunge zerstreut. Von einem Querschnitt der Lunge fliesst bei Druck reichlich schaumige Flüssigkeit. Es bestehen neben der Hyperämie ein

Uebersichtstabelle (Mit Tier).

Nummer	Versuchsnummer	Gehalt berechnet	Gehalt gefunden		Schicksal nach dem Versuch event. Sektionsbefund
					hochgradiges Lungenoedem. Beim Anlegen von Schnitten durch die dunklen Partien erhält man Bilder, die es wahrscheinlich erscheinen lassen, dass Blutungen stattgefunden haben. Trachea hochgradig hyperaemisch. Körperblut grossenteils flüssig. An den übrigen Organen ist nichts Auffallendes zu sehen. Därme aufgetrieben.
11	XII.	0,15	0,14	0,14	Tier erholt sich nach 1 Stund.
12	XVIII.	0,17	0,15	0,15	Tod nach 33 Minuten. Lungen von normaler Consistenz u. Luftgehalt, starke Hyperaemie der Gefässe ohne Flüssigkeitsaustritt in den Bronchen. Trachea ohne Hyperaemie. Sonst keine Veränderungen.
13	XIX.	0,18	0,17	0,17	Tod nach 24 Minuten. In der Trachea und den grösseren Bronchen blutig gerötete teils schaumige Flüssigkeit. Mässige Hyperaemie der Trachealschleimhaut. Blutiges Oedem beider Lungen, scheinbar in beiden Lungen grössere Blutaustritte. Die Haemoptoe stammt offenbar aus den Lungen, denn andere Gefässzerreissungen in den oberen Luftwegen sind nicht aufzufinden.

Zum Schlusse möchte ich es nicht unterlassen, Herrn Professor Dr. Lehmann meinen Dank auszusprechen für die liebenswürdige Unterstützung und Anleitung und die freundliche Übernahme des Referates. Auch Herrn Dr. Lang danke ich sehr für seine Hilfe in der Anordnung und Ausführung der Versuche.

Lebenslauf.

Ich, Heinrich Ahlmann, preussischer Staatsangehörigkeit, bin geboren am 19. Mai 1878 zu Bismarck in der Provinz Westfalen als Sohn des Gutsbesitzers Heinrich Ahlmann in Bismarck. Nach Besuch der Volksschule in meiner Vaterstadt und des Gymnasiums zu Attendorn erwarb ich mir dort zu Ostern 1900 das Reifezeugnis und bezog im April 1900 die Universität Tübingen, genügte hier meiner Militärpflicht, im Winter 1900/01 studierte ich ebenfalls in Tübingen, dann zwei Semester in Kiel, wo ich im März 1902 die ärztliche Vorprüfung bestand. Im Sommer 1902 studierte ich in München, dann zwei Semester in Berlin. Den Rest meiner Studienzeit verbrachte ich in Würzburg. Daselbst unterzog ich mich der ärztlichen Staatsprüfung und wurde am 21. Januar 1905 als Arzt approbiert. Vorstehende Dissertation habe ich unter Leitung des Herrn Professor Dr. Lehmann verfasst.